



CAPÍTULO

1

**“Descripción de la planta
tipo industrial”**

Descripción de la planta de tipo industrial

La industria es el conjunto de procesos y actividades que tienen como fin transformar materias primas en productos terminados. Las industrias son clasificadas según los productos que elaboran, por ejemplo la farmacéutica, la alimenticia, la petrolera y la química, por mencionar algunas. En un proceso industrial se requiere almacenar, transportar, medir y manipular sustancias.

Cuando una sustancia es depositada en un tanque se necesita controlar su volumen para cumplir con especificaciones técnicas del proceso o simplemente evitar su derramamiento. Al transportarlas se debe monitorear y regular el flujo que circula a través de las tuberías de la planta industrial para evitar accidentes o detectar fugas.

Supervisar el nivel de tanques o regular el flujo en tuberías no es una tarea fácil y se necesita más que una persona para supervisar el comportamiento del proceso. Debido a ello la automatización es un recurso que permite solucionar diversos problemas, además de aumentar la eficiencia de los procesos, brinda seguridad, permite monitorear, controlar y supervisar el sistema en tiempo real e incluso ser monitoreado y controlado a distancia.

En el laboratorio de control de la DIE de la Facultad de Ingeniería se cuenta con una planta piloto con características industriales. En ella se pueden desarrollar diversos esquemas para controlar el nivel en tanques y el flujo en las tuberías, tal y como se lleva a cabo en un proceso industrial. A esta planta se la ha denominado “*piloto*” porque es una representación a escala de una planta industrial además que en ella se pueden realizar algunas pruebas de funcionamiento.

Para automatizar la planta piloto de tipo industrial es necesario conocer los elementos que la conforman, se deben identificar las variables a controlar, las variables a monitorear, los dispositivos que intervienen en el proceso, tales como instrumentos de medición y actuadores, así como establecer los rangos de operación y las características de las variables eléctricas que manejan. También se requiere saber el procedimiento y las condiciones bajo las cuales opera la planta. Sus elementos permiten aplicar diversos tipos de control, tales como el ON-OFF, PID, en cascada, de relación, etc. con el propósito de controlar el nivel de los tanques y el flujo que circula por sus tuberías.

En este capítulo se describe la planta piloto de tipo industrial, así como los bornes, botones y perillas que incluye el gabinete de control de la planta. También se explican las características de los actuadores, los instrumentos de medición y el mecanismo de funcionamiento de la planta industrial.

La ilustración 1 es una foto de la planta piloto de tipo industrial y en ella se identifican algunos elementos que tienen que ser controlados o bien, elementos de los cuales se obtiene información del proceso.



Ilustración 1. Planta piloto de tipo industrial

La planta se compone de los siguientes elementos:

- 1.- Tanque abierto: FA-01.
- 2.- Tanque cerrado: FA-02.
- 3.- Bomba 1 HP: BA-01.
- 4.- Bomba de ½ HP: BA-02.
- 5.- Dos válvulas solenoides (On-Off): FS-01 y FS-02.
- 6.- Dos válvulas de globo (proporcionales): FY-01 y FY-02.
- 7.- Tres transmisores de presión: LT-01, FT-01 y FT-02.
- 8.- Dos rotámetros.
- 9.- Válvulas manuales: V-01 – V-08.
- 10.- Interruptores de nivel: LL y HL. (Se encuentran en el interior del tanque cerrado).

El diagrama esquemático de la planta piloto es el que se muestra en la ilustración 2.

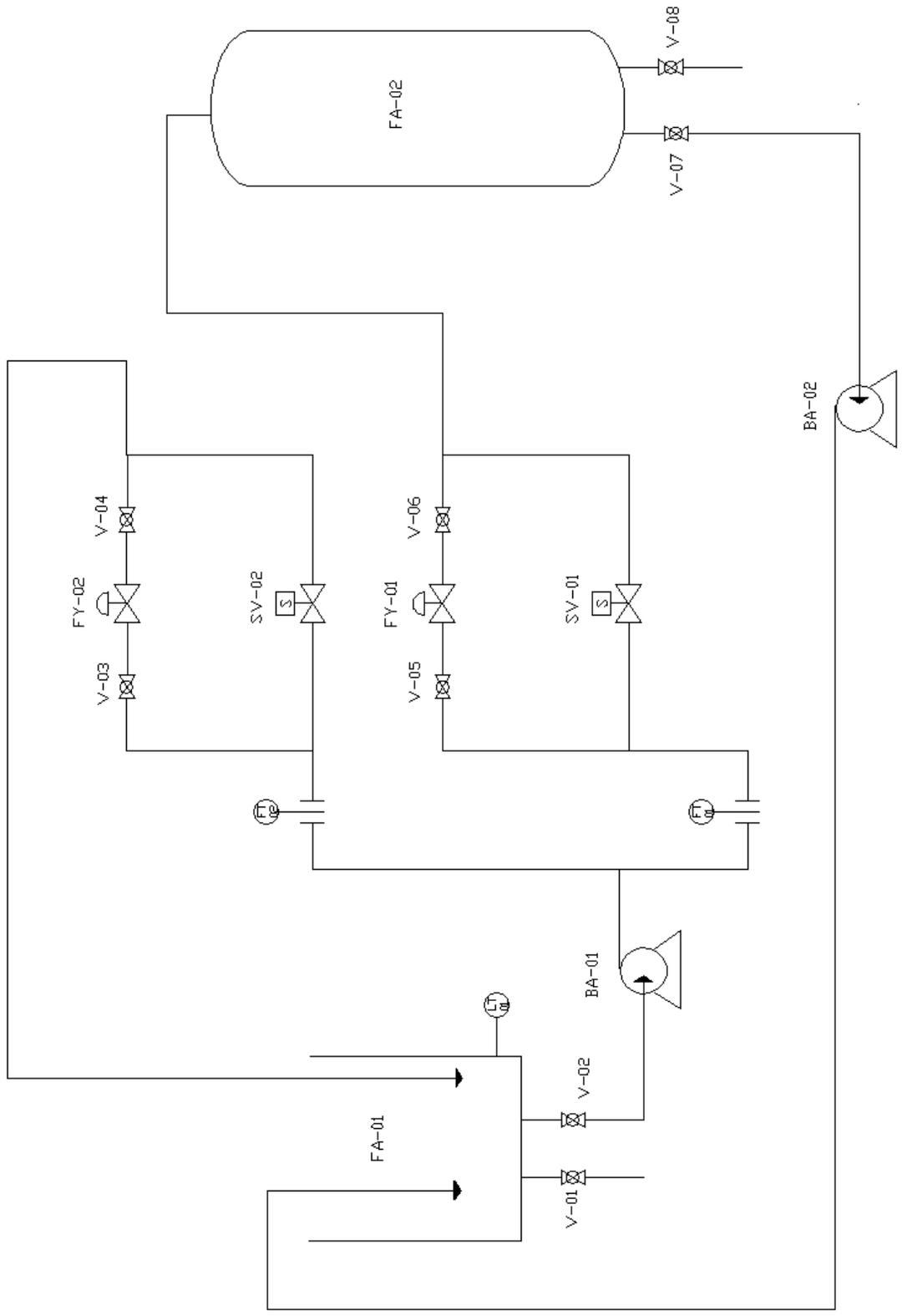


Ilustración 2. Diagrama de tuberías e instrumentación de la planta piloto.

La planta posee un gabinete de control del cual se toman las señales de los instrumentos de medición y se envían señales de control a los actuadores. En la ilustración 3 y 4 se observa la manera en la que los bornes se encuentran distribuidos en el tablero de dicho gabinete.

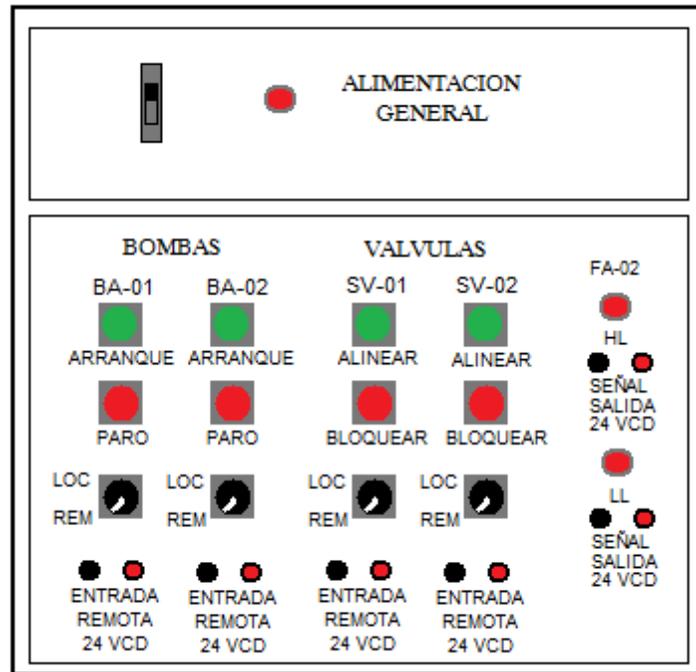
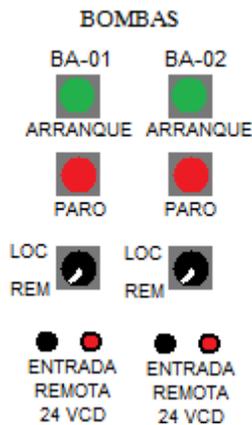


Ilustración 3. Tablero superior del gabinete



En la parte superior del tablero hay un interruptor de alimentación general, que debe estar encendido para energizar todo el gabinete. Hay dos maneras de controlar los dispositivos de la planta.

La primera forma es LOCAL, en esta modalidad los elementos se manipulan con los botones del gabinete. La segunda forma es REMOTA y los dispositivos se se controlan con las señales conectadas a los bornes ENTRADA REMOTA. (Normalmente estas señales provienen de un controlador).

Al costado izquierdo del gabinete se ubica el control de las bombas de la planta, hay un botón de arranque y otro de paro de bomba, para que estos botones se puedan usar, la perilla debe señalar el estado LOC que indica que el control es Local. Si el control se realiza con dispositivos externos se debe colocar la perilla en el estado REM que indica el control Remoto. La señal de control debe ser digital de 0 ó 24Vcd y se conecta a los bornes de entrada remota.

Las válvulas SV-01 y SV-02 de la planta piloto operan de la misma manera que las bombas BA-01 y BA-02.

Del costado derecho del gabinete se encuentran los indicadores de nivel del tanque cerrado, LL para el nivel bajo y HL para el nivel alto. La señal de salida de cada indicador es de 24 Vcd y se toma de los bornes que se encuentran debajo de cada LED.

En la ilustración 4, se muestran los bornes con los cuales se controlan las válvulas proporcionales FY-01 y FY-02. También se encuentra una hilera de bornes con conexiones a resistencias de 250 Ω y los bornes

correspondientes a las señales del transmisor de nivel del tanque abierto LT-01 y los dos de flujo FT-01 y FT-02.

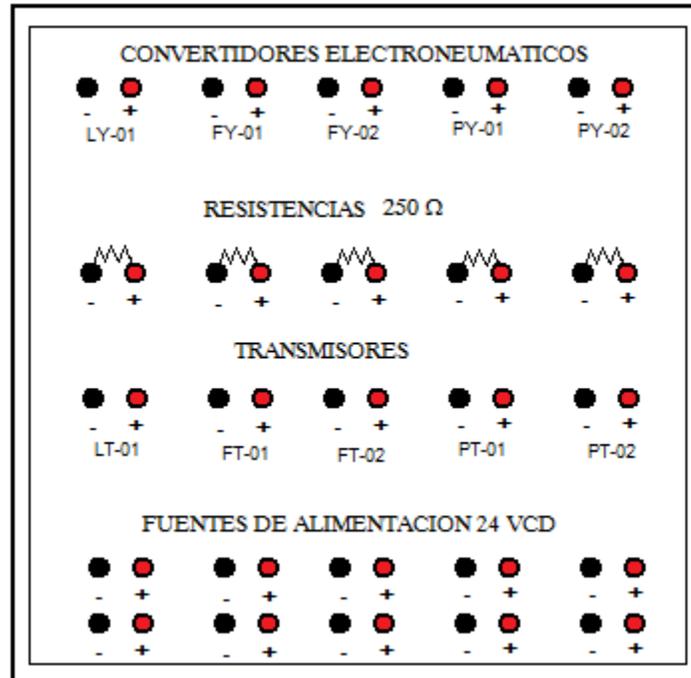


Ilustración 4. Tablero inferior del gabinete

En la parte inferior del tablero se encuentran diez pares de bornes que corresponden a terminales de salida de la fuente de alimentación de 24 Vcd.

Los bornes correspondientes a las etiquetas LY-01, PY-01, PY-02, PT-01 y PT-02 no están conectados a ningún dispositivo de la planta.

1.1 Actuadores y elementos finales de control

Los actuadores son dispositivos que funcionan para generar una fuerza a partir de un fluido líquido, gaseoso o eléctrico. El actuador recibe la orden de un controlador y genera una salida para activar a un elemento final de control. Los actuadores que incluye la planta piloto son:

✚ BOMBAS

En la planta se encuentran instaladas dos bombas centrífugas trifásicas: una marca WEG modelo D56J0692 con capacidad de 1HP y otra marca WEG modelo C56J0592 de ½ HP. Las bombas son una pieza fundamental en la planta ya que éstas se encargan del transporte del fluido de un tanque a otro.



Ilustración 5. Bomba

El encendido y apagado de las bombas se lleva a cabo por medio de relevadores activados con una señal de 24 Vcd.

✚ VÁLVULAS SOLENOIDES

La función de una válvula solenoide es controlar el paso de un fluido en un proceso. En este caso la planta contiene dos válvulas solenoides, SV-01 y SV-02, marca BADGERMETER modelo 9001GCW365V1A09236. El mecanismo de accionamiento de cada válvula se gobierna por un actuador solenoide marca MAC modelo 912APM111CA.

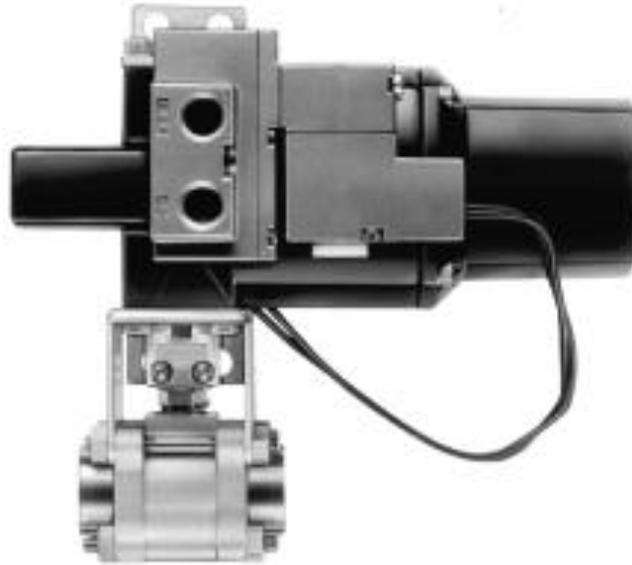


Ilustración 6. Válvula Solenoide

La apertura o cierre de estas válvulas es manipulado mediante la variación de la corriente que circula a través de un solenoide que se encuentra en su interior. Al circular corriente eléctrica por el solenoide se genera un campo magnético que atrae un émbolo móvil mecánicamente acoplado al vástago del tapón que permitirá u obstruirá el fluido.

Las válvulas solenoides utilizadas operan únicamente en dos posiciones: completamente abierta o completamente cerrada. En el momento en que desaparece el campo magnético generado, el émbolo y el vástago del tapón regresan a su posición inicial.

El voltaje requerido para cambiar el estado de la válvula es de 24 Vcd.

✿ VÁLVULAS DE GLOBO

La planta cuenta con dos válvulas globo, FV-01 y FV-02, que permiten el control del fluido de manera proporcional. Su funcionamiento es más complejo debido a que entran en función tres elementos: un convertidor corriente-presión, un actuador de diafragma y una válvula de control.



Ilustración 7. Válvula de globo

El *convertidor corriente-presión* acopla las señales entre el controlador que maneja una señal eléctrica de corriente y el actuador de diafragma que usa como entrada una señal neumática. Soporta en su entrada señales de corriente de 4 a 20 mA y a su salida presiones de 3 a 15 psi.

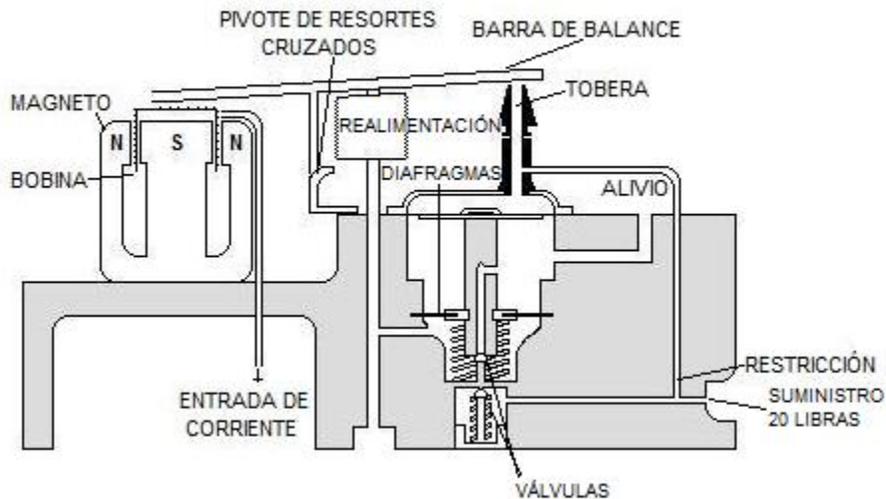


Ilustración 8. Convertidor corriente-presión

En la ilustración 8 se observa que la señal de corriente del controlador llega a la bobina del convertidor y hace girar la "barra de balance" sobre el "pivote de resortes cruzados" en el sentido de las manecillas del reloj, a

esta fuerza se le opone una que es provocada por la salida de presión del convertidor a través del fuelle de realimentación.

Por otra parte hay una tercera fuerza ejercida a su vez por un resorte ajustable, fuerza que puede estar en sentido de las manecillas de reloj o en contra, y permite el ajuste de cero. Cuando estas tres fuerzas rotacionales están en equilibrio, no hay giro de la barra de balance; el convertidor alcanza esta condición automáticamente, manteniéndose la presión de salida en una relación fija con respecto a la entrada de corriente. Para detectar y corregir cualquier posible desbalance, la alimentación de aire a 20 psi llega a través de una restricción, pasando por una tobera, la cual tiene una apertura mucho mayor que la apertura de la restricción.

El **actuador de diafragma** es un elemento fabricado de un material flexible normalmente de neofreno reforzado con fibra de vidrio. Se encuentra dentro de caja sellada de aluminio o acero inoxidable dividida en 2 secciones por el mismo diafragma.

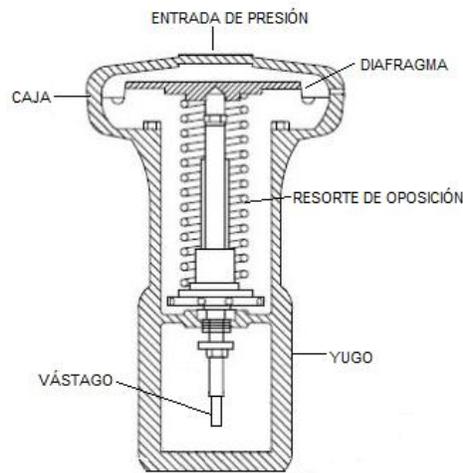


Ilustración 9. Actuador de diafragma

En una sección actúa la fuerza del aire alimentado externamente, es decir la señal de presión, y en la otra sección actúa la fuerza generada por el resorte de oposición.

En la planta se cuenta con un actuador normalmente cerrado y otro normalmente abierto, es decir, en la ausencia de una señal de presión una válvula se encuentra cerrada y la otra abierta. De manera física las dos secciones arriba mencionadas se encuentran al revés en un actuador.

Dependiendo de la posición en que se encuentre la sección donde entra la señal neumática, la acción del actuador será directa o inversa. En la acción directa, cuanto más presión sea aplicada la válvula se irá cerrando y en la acción inversa, a mayor presión la válvula se abre.

La señal neumática de presión varía entre los 3 y 15 psi., al ser introducida dicha señal a la caja actúa sobre el diafragma generando una señal proporcional a la presión aplicada y al área efectiva del mismo.

La posición de la válvula se determina por el equilibrio de la fuerza que ejerce el resorte de oposición y la fuerza de la presión del aire sobre el diafragma.

Cuando se aplica una señal de 4mA la válvula normalmente abierta se encuentra abierta y la normalmente cerrada se encuentra cerrada, al aplicar una señal de 20mA la válvula normalmente abierta se cierra y la normalmente cerrada se abre.

✚ VÁLVULAS MANUALES



Ilustración 10. Válvula Manual

Estas válvulas de bloqueo las encontramos en la planta, sin embargo no se pueden aprovechar en el proceso de automatización debido a que no poseen ningún actuador eléctrico. Su marca es WORCESTER modelo 466T. Cabe mencionar que funcionan como válvulas de emergencia por si se llegase a presentar alguna falla en el control automático.

1.2 Instrumentos de medición

En todo proceso de automatización es necesario tener instrumentos de medición, los cuales son los encargados de determinar el estado de las variables del proceso y con base en las mediciones es que se define una acción de control para los actuadores. A continuación se describen los sensores incluidos en la planta y las características eléctricas que manejan, es de suma importancia conocerlas ya que éstas serán utilizadas en la automatización de la planta.

✚ TRANSMISOR DE PRESIÓN

Con el transmisor de presión se mide el flujo que viaja en las tuberías de la planta, la marca del transmisor usado es SMAR en modelo LD301. Es un transmisor de presión inteligente para la medición diferencial, manométrica y absoluta. Tiene una pantalla que permite visualizar las mediciones en tiempo real y una salida de corriente que permite su uso remoto.



Ilustración 11. Transmisor de presión

La salida del transmisor es una señal de corriente de 4mA-20mA. Cuando el flujo en la tubería es del 0% entonces el transmisor provee a la salida 4 mA, si la señal es del 100% la salida es de 20 mA. Para encender el transmisor se debe armar un lazo de corriente como el que se muestra en la ilustración 12.

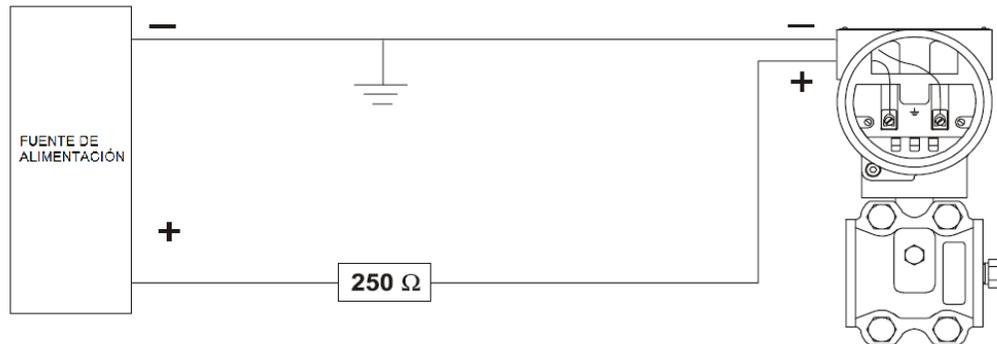


Ilustración 12. Lazo de corriente

✚ INTERRUPTORES DE NIVEL

Los interruptores de nivel son un par de electrodos, es decir, unas varillas metálicas de diferente tamaño ubicadas dentro de un contenedor. Los electrodos activan las bobinas de dos relevadores al tocar el agua, generando así una señal de 24 Vcd. Estos interruptores miden el nivel de agua del tanque cerrado.

Cada electrodo es referenciado a tierra por medio del cuerpo metálico del tanque. Supongamos que el tanque cerrado esta vacío, al irse llenando el líquido toca el electrodo LS-01, activando así el indicador de nivel bajo LL mientras que el indicador de nivel alto HL permanece apagado. Ese estado se conserva hasta que el agua toca al electrodo LS-02, que por medio de un arreglo de relevadores dentro del gabinete, activa el indicador HL y desactiva el LL. Ese estado permanece hasta que el líquido deja de tocar ambos electrodos, es decir, hasta que el tanque FA-01 queda vacío.



Ilustración 13. Interruptores de nivel

⊕ ROTÁMETRO

Este elemento es un medidor de flujo o gasto variable, consiste en un tubo de vidrio de forma ligeramente cónica que se coloca en un tramo vertical en serie con la tubería cuyo caudal se necesita medir.

El cono es más estrecho en su extremo inferior y dentro de él se aloja un flotador, normalmente de acero inoxidable, que se mueve libremente dentro del tubo y obstaculiza el flujo. El flujo de agua desplaza el flotador hacia arriba hasta alcanzar cierta altura que depende del peso del flotador y del empuje del agua. La velocidad del agua es variable a lo largo del rotámetro debido a la forma del tubo.

Lo que se observa es que a mayor caudal el equilibrio de las fuerzas se produce en una parte más alta del rotámetro.

El rotámetro tiene grabada una escala en el cilindro, lo que permite leer directamente el caudal

Los rotámetros se utilizan para la lectura directa de caudales, que normalmente van desde 1 l/h hasta caudales del orden de 50.000 l/h. La precisión es del orden de 1-2 % del máximo de la escala. Deben instalarse completamente verticales.

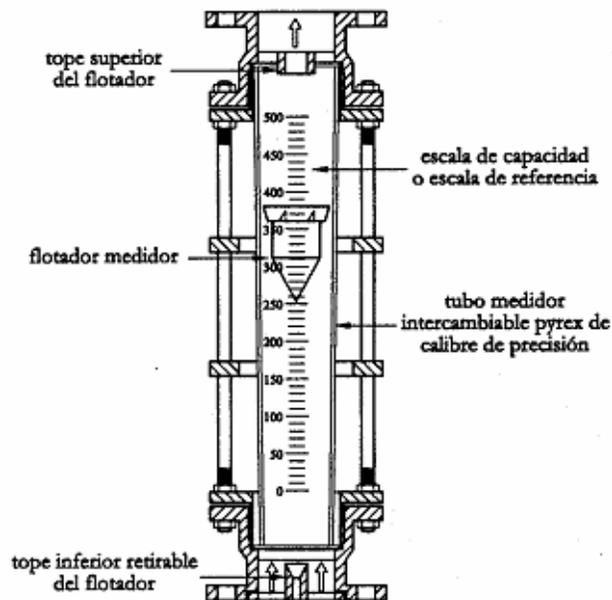


Ilustración 14. Rotámetro

1.3 Mecanismo de funcionamiento de la planta piloto de tipo industrial

Antes de empezar con el accionamiento de las válvulas se debe verificar que la alimentación neumática este funcionando, es suficiente con una presión de aire de 3 psi, la cual puede verificarse en la toma de aire comprimido instalada en el laboratorio, si esa tubería llegase a fallar se puede tomar directamente de otro compresor teniendo cuidado de permanecer dentro del rango de presión requerido.

La planta se forma de tres ramas, en la ilustración 15 se observa la rama uno que se encarga de transportar el líquido del tanque FA-01 al tanque FA-02.

El líquido es bombeado del tanque FA-01 por medio de la bomba BA-01, a su paso se encuentra con un rotámetro, el transmisor de flujo FT-01, la válvula proporcional FY-01 y la válvula solenoide SV-01.

El rotámetro mide el flujo de salida del tanque FA-01 y el transmisor de flujo FT-01 sensa el flujo que viaja del tanque FA-01 al FA-02. Las válvulas FY-01 y SV-01 pueden ser usadas simultáneamente o una a la vez. En este caso, la válvula FY-01 se usa para controlar el flujo de salida del tanque abierto y la válvula SV-01 es la encargada de provocar perturbaciones al sistema.

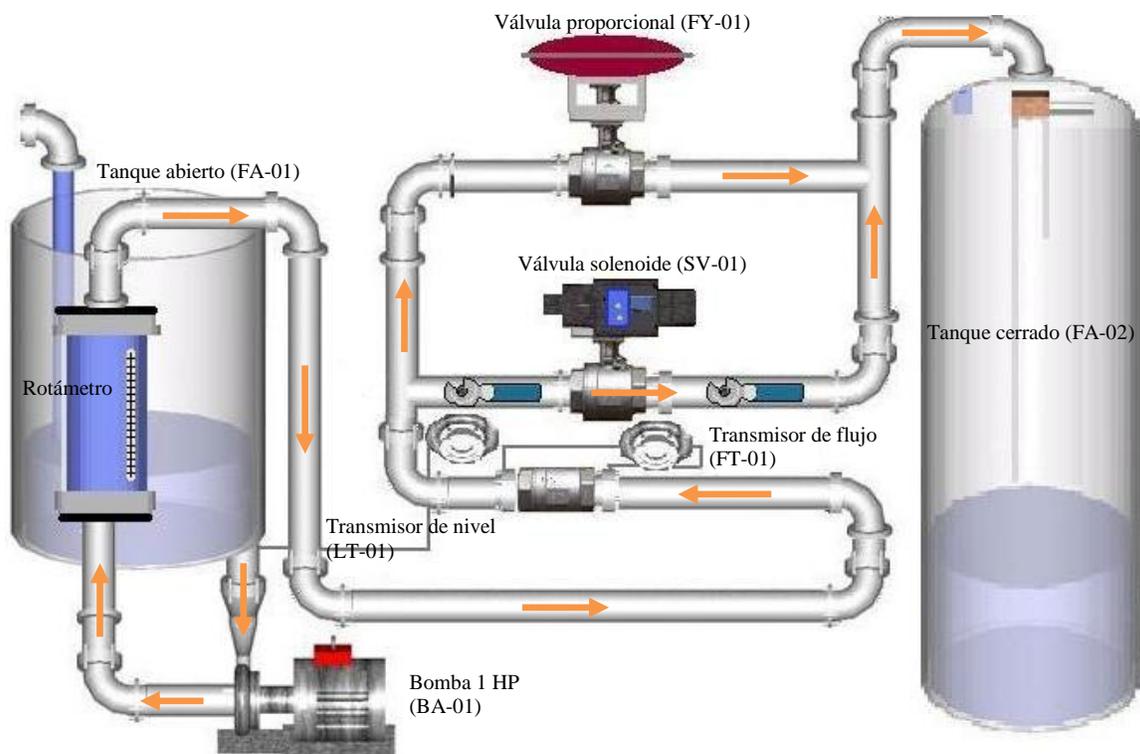


Ilustración 15. Rama uno

La rama dos se visualiza en la ilustración 16 y se utiliza para retroalimentar el líquido al mismo tanque FA-01. El agua es extraída del tanque FA-01 con la bomba BA-01, pasa por el rotámetro, por el transmisor de flujo FT-02, por la válvula proporcional FY-02 y por la válvula solenoide SV-02. El transmisor de flujo FT-02 mide el flujo que es retroalimentado al tanque FA-01.

Cabe mencionar que la válvula proporcional FY-02 es normalmente abierta, este dato es de suma importancia para considerarlo en su programación y control. La bomba BA-01 debe ser encendida únicamente cuando cumple con dos condiciones. La primera condición es que el tanque FA-01 contenga líquido y la segunda es que el líquido tenga un camino por el cual circular. La segunda condición se refiere a que al menos una de las cuatro válvulas FY-01, FY-02, SV-01 ó SV-02 esté abierta.

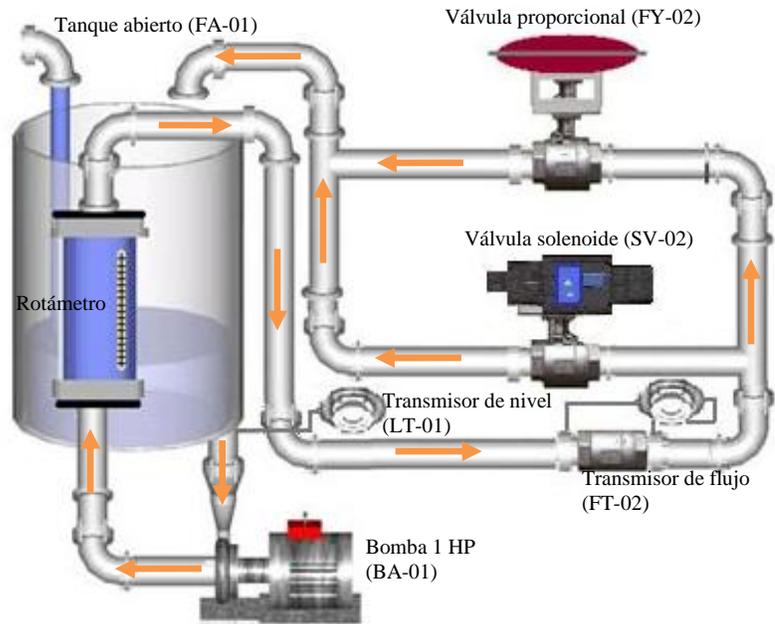


Ilustración 16. Rama dos

Finalmente tenemos la rama tres que se encarga de transportar el fluido del tanque cerrado al tanque abierto. Para arrancar la bomba BA-02 se debe verificar que el tanque FA-02 contenga líquido en su interior y que el tanque FA-01 no esté lleno.

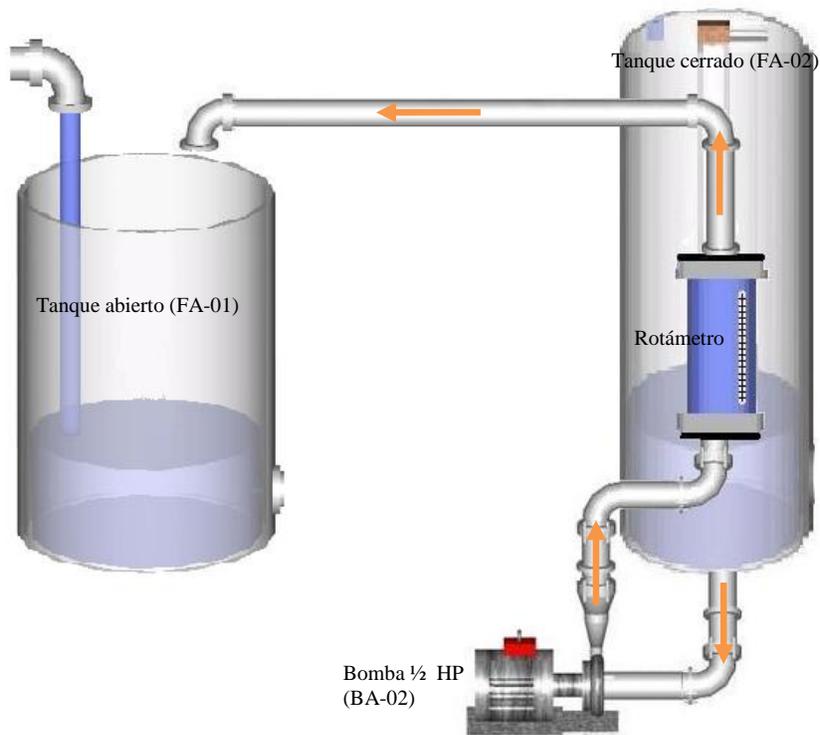


Ilustración 17. Rama tres

Para finalizar este capítulo se presenta una lista de los actuadores y otra de los sensores con sus respectivas características eléctricas, estas tablas serán de utilidad para seleccionar los módulos de adquisición y envío de datos del controlador que será usado para la automatización de la planta.

ACTUADORES		CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS	Tipo de Señal
1 BOMBA 1 HP	BA-01	0-24V	Digital
1 BOMBA ½ HP	BA-02	0-24V	Digital
Válvula Solenoide 1	SV-01	0-24V	Digital
Válvula Solenoide 2	SV-02	0-24V	Digital
Válvula Analógica1	FY-01	4-20mA	Analógica
Válvula Analógica2	FY-02	4-20mA	Analógica

Tabla 1. Actuadores de la planta

TRANSDUCTORES		CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS	Tipo de Señal
Sensor de nivel 1	LL	0-24V	Digital
Sensor de nivel2	HL	0-24V	Digital
Transductor de nivel	LT-01	4-20mA	Analógica
Transductor de flujo1	FT-01	4-20mA	Analógica
Transductor de flujo2	FT-02	4-20mA	Analógica

Tabla 2. Instrumentos de medición de la planta